Macro-commande MACR_SPECTRE

1 But

Cette macro-commande permet un calcul de post-traitement rapide et efficace pour déterminer les spectres de plancher de tout bâtiment après une analyse dynamique sismique.

Elle peut par exemple être utilisée après un calcul dynamique transitoire d'un bâtiment au séisme, où les connections entre le sol et le radier en mono-appui ou multi-appui sont simulées par une raideur de sol (DYNA_TRAN_MODAL [U4.53.21], calcul dynamique transitoire sur une base modale réduite, calculée en repère relatif, concept produit : resu_gene) ou après des calculs issus du couplage *Code_Aster - ProMiss3D* (CALC_MISS [U7.03.12], concept produit : dyna_trans) ou encore à la suite d'une résolution dynamique transitoire non linéaire (DYNA_NON_LINE, concept evol_noli, et sur la table d'observation issue d'un calcul de ce type).

Cette macro-commande exécute successivement :
1) l'extraction de l'accélération relative en un ou plusieurs nœuds du maillage dans le concept résultat (RECU_FONCTION [U4.32.03]);
2) la combinaison avec l'accélération de sol pour obtenir l'accélération absolue (CALC_FONCTION [U4.32.04]);
3) le calcul du spectre de réponse d'accélération avec plusieurs coefficients d'amortissement (CALC_FONCTION [U4.32.04]);
4) la fonction enveloppe du déplacement relatif ou de l'accélération correspondant à un plancher donné.
5) l'impression des spectres enveloppe par plancher et par direction.
6) la création d'une table pour les spectres enveloppe de tous les planchers.

Pour des exemples pratiques de mise en œuvre, le lecteur peut se référer aux cas tests SDNL131 (post-traitement d'une analyse de tuyauterie), SDNV112 (Bâtiment de génie civil sous sollicitation sismique de type multi-appui) ou aux tests SDLX101, SDLX101, MISS01, MISS05 avec calcul de couplage *Code_Aster - Miss3D*.

La macro-commande produit un concept de type table_sdaster.

2 Syntaxe

```
table_sdaster = MACR_SPECTRE (
    ## calcul du spectre de réponse, post-traitement d'analyse sismique
       ◊  MAILLAGE  =  ma                                    [maillage]
       ♦  PLANCHER = _F (
                    ♦     NOM          = floor               [Kn]
                    ◊  /  NOEUD        = l_no                [l_noeud]
                       /  GROUP_NO     = l_gno               [l_gr_noeud]
                     )
       ♦  CALCUL =      /  'ABSOLU'
                        /  'RELATIF'
       ♦  NOM_CHAM =    /  'ACCE'
                        /  'DEPL'

    ## si NOM_CHAM ='ACCE' :
          ♦  AMOR_SPEC    =   l_amor                         [l_R]
          ◊  LIST_INST    =   linst                          [listr8]
          ◊  /  FREQ      =   l_fr                           [l_R]
             /  LIST_FREQ =   lfreq                          [listr8]
           ♦ NORME        =      r                           [R]
           ♦ RESU = _F (
                      ♦ /   'RESU_GENE' = tg                 [tran_gene]
                        /   'TABLE'     = tab                [table_sdaster]
                        /   'RESULTAT'  = resu               [dyna_trans]
                                                             [evol_noli]
       ## si CALCUL ='RELATIF' :
                    ♦  ACCE_X =        ac_x                  [fonction]
                    ♦  ACCE_Y =        ac_y                  [fonction]
                    ♦  ACCE_Z =        ac_z                  [fonction]
       ## si CALCUL ='ABSOLU' :
                    ◊  MULT_APPUI   =  'OUI'
                     )
           ◊ IMPRESSION = _F  (
                        ◊  TRI =     /  'AMOR_SPEC'          [DEFAUT]
                                     /  'DIRECTION'
                        ◊  FORMAT =  /  'TABLEAU'            [DEFAUT]
                                     /  'XMGRACE'
    ## unité logique désignant le fichier d'impression des résultats :
                        ◊  UNITE =   /  29                   [DEFAUT]
                                     /  u                    [I]
             ## si FORMAT ='XMGRACE' :
                        ◊  PILOTE =  /  'POSTSCRIPT'
                                     /  'EPS'
                                     /  'MIF'
                                     /  'SVG'
                                     /  'PNM'
                                     /  'PNG'
                                     /  'JPEG'
                                     /  'PDF'
                                     /  'INTERACTIF'
                        ◊  TOUT =    /  'NON'                [DEFAUT]
                                     /  'OUI'
                           )
    ## si NOM_CHAM ='DEPL' :
```

```
◊  LIST_INST    =   linst                  [listr8]
 ♦ RESU = _F (
              ♦ /  'RESU_GENE' = tg       [tran_gene]
                /  'RESULTAT'  = resu        [dyna_trans,
                                             [evol_noli]
## si CALCUL ='ABSOLU' :
              ♦ DEPL_X =        de_x         [fonction]
              ♦ DEPL_Y =        de_y         [fonction]
              ♦ DEPL_Z =        de_z         [fonction]
             )
)
```

3 Opérandes

Le post-traitement classique d'une analyse sismique en dynamique transitoire consiste à procéder aux calculs suivants :

- Le spectre de plancher obtenu à partir des accélérations absolues, pour chaque direction X, Y, Z, calculées en un nœud spécifié du maillage (par exemple dans le cas d'un modèle « brochette ») ;
- L'enveloppe du spectre de plancher, calculé en quelques nœuds du même plancher, pour chaque direction X, Y, Z et H (maximum entre X et Y), (par exemple dans le cas d'une structure de bâtiment 3D) ;
- Les déplacements enveloppes de la structure relativement aux mouvements de sol.
- Trois opérateurs de *Code_Aster* peuvent produire des concepts `resultat` correspondant à des calculs dynamiques transitoires :
  - `DYNA_TRAN_MODAL` [U4.53.21] produit un concept `resu_gene`, incluant les champs d'accélération et de déplacements relatifs. Dans ce cas, on doit ajouter les accélérations de sol pour obtenir les accélérations absolues, nécessaires au calcul du spectre de plancher.
  - `CALC_MISS` [U7.03.12] produit un concept `dyna_trans`, incluant les champs d'accélération et de déplacements absolus. Dans ce cas, les accélérations sont directement employées pour le calcul du spectre de plancher ; inversement, la déduction des déplacements de sol est obligatoire (à lire avec la commande `LIRE_FONCTION` [U4.32.02] depuis un fichier spécifique donné par son unité logique) pour obtenir les déplacements relatifs.
  - `DYNA_NON_LINE` [U4.53.01]. Le traitement est alors le même que pour le point précédent.

Voici un schéma de principe de l'algorithme de calcul de cette macro-commande :

Boucle #1 sur les planchers
- *Boucle #2 sur les nœuds de plancher*
  - *Boucle #3 sur les 3 directions* (X, Y, Z)
    - *Boucle #4 sur les résultats*
      - *Récupération des fonctions accélérations relatives aux nœuds :* *`RECU_FONCTION`*
      - *Si calcul d'accélérations:*
        - *Combinaison ou pas avec la fonction d'accélération du sol :* *`CALC_FONCTION/COMB`*
        - *Calcul du spectre de réponse, avec des valeurs spécifiées de fréquences et d'amortissement avec* *`CALC_FONCTION/SPEC_OSCI`*
      - *Si calcul de déplacements (déplacements absolus) :*
        - *Les déplacements de sol sont déduits pour obtenir les déplacements relatifs :* *`CALC_FONCTION/COMB`.*
    - *Fin de la boucle #4*
    - *Dans le cas du calcul des accélérations:*
      - *calcul de la valeur moyenne pour un nœud et une direction donnés :* *`CALC_FONCTION/COMB`*
    - *Dans le cas du calcul des déplacements :*
      - *récupération des maxima*
  - *Fin de la boucle #3*
  - *Impression du spectre d'accélération pour chaque nœud et chaque direction* X, Y, Z *:* *`IMPR_FONCTION`*
- *Fin de la boucle #2*
- *Enveloppes du spectre d'accélération pour un plancher donné, ou déplacements maximaux* *`CALC_FONCTION/ENVELOPPE`*
- *Enveloppes du spectre d'accélération pour chaque plancher, pour chaque direction* X, Y, Z, H *`IMPR_FONCTION`*

Fin de la boucle #1

La table produite par la macro-commande a la structure suivante :

- dans le cas de calcul de déplacement : les spectres enveloppe sur chaque plancher
- dans le cas de calcul d'accélération : les spectres enveloppe par plancher et par valeurs d'amortissement spécifié

3.1 Mot-clé MAILLAGE

Ce mot-clé correspond au maillage lu par l'opérateur LIRE_MAILLAGE [U4.21.01].
Ce mot clef est facultatif. La connaissance du maillage est nécessaire seulement dans le cas où l'utilisateur utilise le mot clef simple GROUP_NO du mot clef facteur PLANCHER. En effet comme décrit dans l'algorithme précédent, le traitement est réalisé sur les nœuds et si l'utilisateur donne directement le nom des nœuds présent dans la table le maillage n'est pas nécessaire.

3.2 Mot-clé PLANCHER

Ce mot-clé est obligatoire pour définir les noms des planchers, où les spectres seront calculés. Ces noms seront employés pour sélectionner ou filtrer les paramètres d'affichage dans la structure de table produite par la macro-commande table_sdaster.

3.2.1 Opérande NOM

Cet opérande obligatoire permet de nommer le plancher considéré.

3.2.2 Opérande NOEUD / GROUP_NO

Cet opérande permet de définir les nœuds (individuellement ou par groupes) composants le plancher où les spectres seront calculés. Il est possible de renseigner GROUP_NO si le maillage a été renseigné.

3.3 Mot-clé CALCUL

Ce mot-clé obligatoire permet de définir les nature du calcul dynamique transitoire employé pour le post-traitement : dans le repère absolu ('ABSOLU') ou le repère relatif ('RELATIF').

3.4 Mot-clé NOM_CHAM

Ce mot-clé obligatoire permet de définir la nature du champ utilisé : accélérations ('ACCE') ou déplacements ('DEPL').

3.5 Cas NOM_CHAM ='ACCE'

Dans ce cas, l'utilisateur doit fournir les données suivantes requises pour le calcul du spectre de réponse d'accélération : dans les 3 directions X, Y, Z (vertical) et H (valeur horizontale maximale entre les valeurs selon X et Y) .

3.5.1 Opérande AMOR_SPEC

Cet opérande obligatoire permet de définir les valeurs du coefficient d'amortissement réduit employées dans le calcul de la réponse spectrale. Voir également CALC_FONCTION [U4.32.04], mot-clé SPEC_OSCI.

3.5.2 Opérande LIST_INST

Cet opérande facultatif permet de spécifier la liste, produite par DEFI_LIST_REEL [U4.34.01], définissant tous les pas de temps pour le calcul de dynamique transitoire.

3.5.3 Opérande FREQ / LIST_FREQ

/ ◊ FREQ = L_FR

L_FR = (f_1,f_2, f_3, ...) f_i. fréquences.

/ ◊ LIST_FREQ = LFREQ

Liste de fréquences préalablement définie par un concept listr8.

Cet opérande facultatif permet de définir les valeurs de fréquences, voir aussi CALC_FONCTION [U4.32.04], mot-clé SPEC_OSCI .

3.5.4 Opérande NORME

♦ NORME = r

Le spectre de réponse sera normalisé par la valeur r (valeur de pseudo-accélération). Les calculs sont faits dans la plupart des cas en Unités du Système International (USI) et les historiques d'accélérations sont souvent donnés en unité m/s^2 . Les spectres de réponses sont généralement donnés avec $g=9.81\mathrm{m}/s^2$.

Ainsi, cet opérande obligatoire NORME peut être utilisé comme facteur de conversion d'unités entre les accélérations calculées et le spectre de réponse, voir aussi CALC_FONCTION [U4.32.04], mot-clé SPEC_OSCI.

3.5.5 Mot-clé RESU

Ce mot-clé obligatoire permet de spécifier les noms des concepts resultats où les accélérations nodales sont considérées.

Les valeurs possibles sont :

/ 'RESU_GENE' = TG [TRAN_GENE]

si le post-traitement est réalisé à partir d'un concept DYNA_TRAN_MODAL [U4.53.21] (dynamique transitoire sur une base modale réduite). Cependant, ce résultat doit être calculé dans le repère relatif

ou :

/ 'RESULTAT' = RESU [DYNA_TRANS] [EVOL_NOLI]

si le post-traitement est réalisé à partir d'un résultat de dynamique transitoire (venant par exemple de CALC_MISS [U7.03.12], concept produit : dyna_trans ou de DYNA_NON_LINE, concept produit : evol_noli).

ou :

/ 'TABLE' = TAB [TABLE_SDASTER]

si le post-traitement est réalisé à partir d'une table contenant les résultats à lire. Typiquement, une table d'observation déduite d'un calcul de dynamique transitoire.

3.5.6 Cas CALCUL ='RELATIF'

♦ ACCE_X = /AC_X [FONCTION]
♦ ACCE_Y = /AC_Y [FONCTION]
♦ ACCE_Z = /AC_Z [FONCTION]

Dans ce cas, l'utilisateur doit fournir les fonction d'accélération de sol, définies sur la même liste d'instants, dans chaque direction d'espace, afin de les combiner avec les accélérations relatives pour calculer les accélérations absolues.

3.5.7 Cas CALCUL ='ABSOLU'

◊ MULT_APPUI = 'OUI'

Dans ce cas, l'utilisateur peut préciser s'il s'agit d'une modélisation en multi-appui. Par défaut, celle-ci est une modélisation en mono-appui. La modélisation en multi-appui n'est réalisable que lorsque le concept résultat est de type resu_gene.

3.6 Mot-clé IMPRESSION

Ce mot-clé facultatif permet de spécifier la nature des résultats à imprimer (spectres, enveloppes). Les sorties seront selon les directions 'X','Y','Z','H' et les valeurs d'amortissement.

3.6.1 Opérande TRI

Ce mot-clé facultatif permet de spécifier la nature des courbes à imprimer triées selon : la valeur du coefficient d'amortissement ('AMOR_SPEC') ou la direction spatiale ('DIRECTION').

3.6.2 Opérande FORMAT

Ce mot-clé facultatif permet de spécifier le format d'impression des courbes : par impression au format tableau ('TABLEAU') ou sous forme lisible par le logiciel Xmgrace ('XMGRACE'). L'échelle des abscisses (fréquences) est logarithmique.

3.6.3 Opérande UNITE

◊ UNITE = U

Unité logique du fichier dans lequel les résultats sont écrits (entier compris entre 10 et 90). L'unité par défaut est 29. Ce numéro d'unité doit être cohérent avec la déclaration faite dans l'interface astk pour le fichier en question.

3.6.4 Cas FORMAT ='XMGRACE'

Pour plus de détails, voir la documentation de la commande IMPR_FONCTION [U4.33.01].

3.6.5 Opérande TOUT

Cet opérande facultatif TOUT='OUI' peut être utilisé pour imprimer tout le spectre calculé) l'issue de la boucle #4 : les valeurs moyennes à chaque nœud, pour toutes les directions et toutes les valeurs d'amortissement.

3.7 Cas NOM_CHAM ='DEPL'

Dans ce cas, l'utilisateur doit donner les données requises suivantes pour le calcul de l'enveloppe du déplacement : dans les 3 directions X, Y, Z (verticale) and H (valeur horizontale maximale selon X et Y).

3.7.1 Opérande LIST_INST

Cet opérande permet de spécifier la liste, issue de DEFI_LIST_REEL [U4.34.01], définissant tous les pas de temps du transitoire dynamique pour le calcul du déplacement enveloppe.

3.7.2 Mot-clé RESU

Ce mot-clé obligatoire permet de spécifier les noms du concept resultat dans lequel les accélérations nodales sont extraites. L'opérande associé peut être :

/ 'RESU_GENE' = TG [TRAN_GENE]

si le post-traitement est réalisé à partir d'un concept DYNA_TRAN_MODAL [U4.53.21] (dynamique transitoire sur une base modale réduite). Cependant, ce résultat doit être calculé dans le repère relatif.

ou :

/ 'RESULTAT' = RESU [DYNA_TRANS]
[EVOL_NOLI]

si le post-traitement est réalisé à partir d'un résultat de dynamique transitoire (venant par exemple de LIRE_ MISS3D [U7.02.31], concept produit : DYNA_TRANS ou de DYNA_NON_LINE, concept produit : evol_noli).

ou :

```
/   'TABLE'       = TAB              [TABLE_SDASTER]
```

si le post-traitement est réalisé à partir d'une table contenant les résultats à lire. La table peut-être produite par :

- un calcul de dynamique transitoire et provenir d'une table d'observation. Dans ce cas le nom des colonnes de la table sont ('INST', 'NOEUD', 'NOM_CHAM', 'NOM_CMP', 'VALE') avec 'NOM_CHAM'='ACCE' .
- toute commande produisant une table. Dans ce cas le nom des colonnes de la table sont obligatoirement ('INST', 'NOEUD', 'NOM_CHAM', 'DX', 'DY', 'DZ') avec 'NOM_CHAM'= ' ACCE ' .

3.7.3 Cas CALCUL ='ABSOLU'

```
♦ DEPL_X =    /DE_X             [FONCTION]
♦ DEPL_Y =    /DE_Y             [FONCTION]
♦ DEPL_Z =    /DE_Z             [FONCTION]
```

Dans ce cas, il faut introduire les fonctions de déplacement du sol, définies sur la même liste d'instants, dans chaque direction d'espace, devant être déduites des déplacements absolus afin d'obtenir les déplacements relatifs.

4 Exemples

Les exemples suivants illustrent le calcul d'un spectre d'accélération, ainsi que le calcul de l'enveloppe des déplacements :

```
TAB=MACR_SPECTRE(
        MAILLAGE  = MAIL,
        PLANCHER  = _F(NOM = 'SOMMET', GROUP_NO = ('GTOP1',),),
        NOM_CHAM = 'ACCE',
        CALCUL = 'ABSOLU',
        AMOR_SPEC = L_AMOR_S,
        FREQ = L_FREQ,
        NORME = 9.81,
        RESU=(_F(RESU_GENE = RESUGENE,),),
)

TAB2=MACR_SPECTRE(
        MAILLAGE = MA1,
        PLANCHER = (
           _F(NOM = 'NIV1', GROUP_NO = ('N4_NIV1','N5_NIV1','N6_NIV1','N7_NIV1',),),
           _F(NOM = 'NIV8', GROUP_NO = ('N4_NIV8','N5_NIV8','N6_NIV8','N7_NIV8',),),
        ),
        NOM_CHAM = 'DEPL',
        CALCUL = 'RELATIF',
        LIST_INST = LISTE,
        RESU=(
          _F(RESU_GENE = TRAN_GE1,),
          _F(RESU_GENE = TRAN_GE2,),
          _F(RESU_GENE = TRAN_GE3,),
        ),
),

TAB3=MACR_SPECTRE(
        MAILLAGE = MA1,
        PLANCHER = (
          _F(NOM = 'NIV1',GROUP_NO  = ('N4_NIV1',), ),
          _F(NOM = 'NIV8',GROUP_NO  = ('N4_NIV8','N5_NIV8',), ),
        ),
        NOM_CHAM = 'ACCE',
        CALCUL = 'ABSOLU',
        AMOR_SPEC = L_AMOR_S,
          LIST_FREQ = L_FREQ,
          RESU=(_F(RESULTAT = DYNAT_K1,),
                _F(RESULTAT = DYNAT_K2,),
                _F(RESULTAT = DYNAT_K3,),),
         IMPRESSION =_F(FORMAT ='TABLEAU', UNITE = 16,),
)
```

On peut également se référer au cas test SDNV112A pour un autre exemple d'utilisation.